

Estrutura ictiofaunística do Rio Uberaba: a influência dos barramentos na dinâmica ecológica das comunidades de peixes

Fagner de Souza^{1*}, Manoela Lelis de Carvalho Leitão², Bruna Gabriela Antunes Rocha², Kátia Aparecida Nunes Hiroki², Afonso Pelli³

1. Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais - PEA, Coleção Ictiológica da Nupélia. Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, PR, Brasil.

2. Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Instituto de Ciências exatas, naturais e Educação - ICENE, Av. Dr. Roldolfo Borges, 1400, Univerdecidade, 38064-200, Uberaba, MG, Brasil.

3. Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Instituto de Ciências Biológicas e Naturais - ICBN, Praça Manoel Terra, 330, Abadia, 38025-015, Uberaba, MG, Brasil.

*Autor para correspondência: gnaofagner@hotmail.com

RESUMO. As modificações no fluxo hidrodinâmico dos ambientes aquáticos, promovido pelos impactos antrópicos, tendem a reorganizar a estrutura das comunidades aquáticas, refletindo assim as condições vigentes na bacia hidrográfica em que estão submetidos. Desta maneira, testamos se há diferenças na estrutura da ictiofauna acima e abaixo de barragens e também se as comunidades mais próximas das barragens têm sua estrutura alterada em relação as comunidades mais distantes. Para realização do estudo foram coletados espécimes em quatro trechos no percurso longitudinal do rio Uberaba, dois pontos situados na região à montante e dois pontos à jusante do barramento, no município de Uberaba-MG. Foram realizadas análises qualitativas, com o protocolo de diversidade de habitats, e quantitativas espaciais comparativas, com os parâmetros ecológicos nos trechos amostrados. Foram coletados 5167 indivíduos, distribuídos em 29 espécies. Vários parâmetros ecológicos apresentaram diferenças significativas entre os trechos analisados, que evidenciaram impactos causados, principalmente, pelas alterações do fluxo hídrico, pela qualidade ambiental e pelas interações ecológicas interespecíficas (evidenciado pela grande abundância de espécies exóticas nos trechos jusante à barragem). Neste sentido, é possível constatar que as influências ambientais e antrópicas geram diferenças estruturais entre os trechos e a substituição de espécies nativas por exóticas, com características filogenéticas e funcionais similares.

Palavras-chave: Alto rio Paraná, Bacia do rio Grande, degradação ambiental, impactos antrópicos, peixes neotropicais.

Ichthyofauna structure of Uberaba River: the influence of dams on ecological dynamics of fish community

ABSTRACT. The changes in hydrodynamic flow of aquatic environments, promoted by human impacts, trend to organize structure of aquatic communities, thus reflecting current conditions in watershed on which they are submitted. In this way, tested if there are differences in fish fauna structure upper and down dams and if nearest communities of dams has its structure altered compared most distant communities. Thus, were collected specimens in four sites on longitudinal dimension of Uberaba River, two sites located in pre-dam region and two sites in post-dam region, in city of Uberaba-MG. Were realized qualitative analysis, with habitat diversity protocol, and comparative spatial quantitative analysis, with ecological parameters in sampled sites. Were collected 5167 specimens, distributed in 29 species. Several parameters showed significant differences among sites that show impacts caused by changes in water flow, in environmental quality and biological interactions within communities, culminating in great abundance of exotic species in post-dam sites. In this sense, is possible see that environmental and human influences produce structural differences among sites and replacement of native by exotic species, with similar phylogenetic and functional characteristic.

Keywords: Upper Paraná River. Rio Grande River. Environmental degradation. Human impacts. Neotropical fish.

1. Introdução

Os ambientes aquáticos registram cerca de 28.000 espécies de peixes (NELSON, 2006), neste os dulcícolas exibem uma grande diversidade de espécies (POUGH et al., 2008) sendo que na região Neotropical exibe 5.160 espécies (REIS et al., 2016). Além disso, a ictiofauna nesta região é considerada diversificada e complexa, apresentando lacunas em seu conhecimento biológico (VARI; MALABARBA, 1998; LÉVÊQUE et al., 2008) culminando, atualmente, em vários complexos de espécies. Estimativas recentes registram que o número real de espécies para esta região pode chegar à 9000 espécies (REIS et al., 2016).

No território brasileiro há uma grande quantidade de bacias hidrográficas e as maiores da região neotropical, como por exemplo, a bacia Amazônica e a bacia do rio Paraná (STEVAUX; SOUZA-FILHO; JABUR, 1997). O número de espécies é impreciso e isso se deve a grande quantidade de locais que ainda não foram inventariados (AGOSTINHO et al., 2005; LÉVÊQUE et al., 2008; REIS, 2013). Contudo, para a bacia do alto rio Paraná, Langeani et al. (2007) relata a presença de 310 espécies, sendo predominantes as ordens Siluriformes e Characiformes, que correspondem cerca de 80% das espécies. Segundo Agostinho et al. (2007), apesar

destas ordens serem dominantes em todas as bacias sul-americanas, a composição específica e o número de espécies entre as bacias variam muito. Além disso, esta bacia possui várias espécies criticamente ameaçadas de extinção, sendo que as principais causas são a sobre-pesca, poluição, eutrofização, assoreamento, construção de barragens e introdução de espécies (AGOSTINHO et al., 2005; REIS, 2013).

Neste contexto, um dos pontos que mais se destaca atualmente é o represamento, muito comum na construção de usinas hidrelétricas e abastecimento de água potável. Assim, muitos rios submetidos a este impacto exibem drásticas mudanças, principalmente, em seu fluxo d'água (TUNDISI, 1999; GORMAN; KARR 1978, ANGERMEIER; KARR 1984), alterando toda sua dinâmica longitudinal, exibindo características de um ambiente híbrido.

Com esta nova configuração, é possível observar três diferentes zonas na montante da barragem, a zona lótica, a zona intermediária e a zona lêntica. Esta nova dinâmica reorganiza as comunidades aquáticas nestes diferentes ambientes (TUNDISI, 1999; AGOSTINHO et al., 2007; FAUSCH et al. 1990, ONORATO et al. 1998), afetando a estrutura ecológica das comunidades, evidenciando quais

espécies suportam estes impactos e alterando os padrões de distribuição das espécies (GATZ 1979; EKLÖV et al. 1998; SCHLOSSER 1982; VANNOTE et al., 1980).

Além dos impactos na relação espécie-habitat, outra consequência negativa é a introdução de espécies exóticas, que muitas vezes se apresentam mais tolerantes e/ou adaptáveis, principalmente, aos recursos tróficos e as condições físico-químicas causadas pelos represamentos. Este tipo de cenário amplifica a competição e o sucesso de algumas espécies, selecionando as que conseguem manter uma alta taxa de reprodução e que exploram de melhor forma os recursos, muitas vezes as espécies que possuem estas características são as introduzidas e/ou invasoras (LYONS et al. 1995; CUCHEROUSET; OLDEN, 2011; PELICICE et al., 2014).

Frente ao que foi exposto anteriormente, traçamos as seguintes hipóteses: a) há diferenças na estrutura da ictiofauna à montante e jusante da barragem; e b) as comunidades mais próximas das barragens tem sua estrutura alterada em relação as comunidades mais distantes. A mudança do fluxo hídrico provoca a presença de manchas ecológicas com diferentes pressões, afetando de forma diferente os organismos submetidos a estas distintas condições. Desta forma, objetivamos analisar a relação da estrutura das comunidades com as distintas características ambientais no rio Uberaba.

2. Material e Métodos

Área de estudo

A bacia do Rio Grande está inserida entre as coordenadas geográficas 10°10' e 13°20'S/ 43°08' e 46°37'O (PEREIRA, 2004). O rio Uberaba pertence à bacia do rio Grande nas coordenadas 19°42'55,85"S/ 47°56'24,44"O e localizado no município de Uberaba. De acordo com Cruz (2003), o rio Uberaba é um típico planalto encaixado em um vale, com sistemas de corredeiras, remansos e quedas de água de até 30m. Ainda, o mesmo autor comenta que sua mata ciliar esta sendo degradada em decorrência de ações antrópicas, devido do aumento das áreas de pastagens e agricultura.

Foram amostrados quatro trechos no percurso longitudinal do rio Uberaba (ponto A até D) no município de Uberaba-MG, cada trecho medindo 100 metros, e estes foram divididos em dois grupos (montante e jusante à barragem) (Figura 1):

Montante à barragem: foram designados dois trechos antes da barragem de captação de água (ponto A e B). **Ponto A:** equivale a montante deste trecho; localizada na zona rural nas coordenadas 19°38'26,77"S/ 47°53'12,70"O; possui densa mata ciliar em ambas as margens; seu leito é composto por rochas de diferentes tamanhos e quase não se observa sedimento fino; seu fluxo se alterna em corredeiras e poções; não apresenta odor e nem macrófitas. **Ponto B:** é a região de jusante, bem próxima a barragem (cerca de 300 metros); localizada em uma região característica de zona rural nas coordenadas 19°42'48,35"S/ 47°56'17,94"O; apresenta densa mata ciliar em sua margem direita e sua margem esquerda exibe regiões nuas (pouca quantidade) e outras com gramíneas (em maior quantidade); seu leito é composto, principalmente, por

sedimento fino, quase sem presença de seixos ou rochas; seu fluxo é predominante lântico/laminar com características lacustre; apresenta odor forte; presença de macrófitas submersas fixas e emersas livres.

Jusante à barragem: foram designados dois trechos amostrados abaixo da barragem de captação de água (pontos C e D). **Ponto C:** é o trecho mais próximo a barragem; situado em uma região próximo do perímetro urbano, mas com regiões características de zona rural com atividade de agropecuária, nas coordenadas 19°43'17,28"S/47°56'51,95"O; exibe em sua margem esquerda uma densa mata ciliar e em sua margem direita área para atividades de pastoreio com presença constante de bovinos; seu leito é composto, principalmente, de rochas grandes, muitas vezes expostas pra fora da lâmina d'água, e sedimento fino (poucas regiões); seu fluxo é alternado entre corredeiras e poções fundos (em relação ao ponto A); apresenta odor forte e fios de óleo; presença de macrofitas submersas em grande quantidade. **Ponto D:** é o trecho mais a jusante; está localizado no perímetro urbano próximo a central de tratamento de esgoto, nas coordenadas 19°43'45,18"S/47°59'55,57"O; possui densa mata ciliar em ambas as margens; seu leito é composto por variados tamanhos de rochas e seixos, algumas expostas para fora d'água em alguns períodos; seu fluxo é, principalmente, de corredeiras, mas com remansos próximos a sua margem; tem um odor extremamente forte; não há presença de macrofitas, mas em certo períodos do ano há muita concentração de algas.

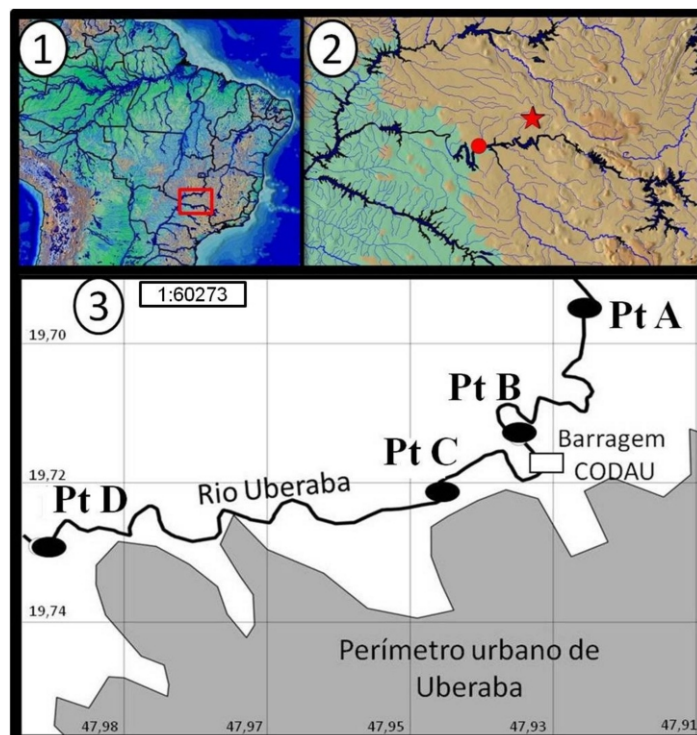


Figura 1. Área de estudo. 1 = localização na América do sul; 2 = localização na bacia do alto rio Paraná (círculo = rio Grande; estrela = rio Uberaba); 3 = localização dos pontos amostrados. / **Figure 1.** Study area. 1 = location in South America; 2 = location in the upper Paraná river basin (circle = Rio Grande, star = Uberaba river); 3 = location of the points sampled.

Amostragem ictiológica

Os peixes foram coletados no período de Outubro (2014) à Julho de (2015, com intervalo de três meses entre as campanhas, com licença do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO (Numero 33448-

-1). As amostragens foram realizadas por quatro pessoas simultaneamente com peneiras, de 1,0x0,50 m com malha de 3 mm entre nós adjacentes, e rede de arrasto, de 5 metros com malha de 5 mm entre nós adjacentes. O esforço amostral empregado foi de 50 minutos em cada ponto.

Após coletados os peixes foram anestesiados (com Cloridrato de Benzocaína dissolvido em água, 100 mL/15 L), mortos, fixados em formol 10% e conservados em álcool 70° GL. Em laboratório, os peixes foram identificados de acordo com Graça e Pavanelli (2007). Os exemplares testemunhos foram depositados na coleção de zoologia da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. As categorias taxonômicas superiores foram classificadas de acordo com Eschmeyer e Fong (2016), enquanto que as famílias e subfamílias são apresentadas de acordo com Reis et al. (2003) e Miranda (2010).

Análise de dados

A avaliação da qualidade ambiental, para cada trecho, foi definida a partir dos resultados obtido na aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Hábitats proposto por Callisto et al. (2002), que permite de forma observacional classificar os trechos em três categorias, impactado, alterado e natural.

Para verificar a eficiência amostral foi utilizada uma curva de rarefação. Logo após, baseado em uma matriz de presença e ausência das espécies coletadas em cada ponto, foi realizada uma análise de Cluster entre os pontos, com a medida de similaridade de Bray-Curtis baseado em algoritmos de ligações simples, para analisar quais comunidades eram mais similares em sua estrutura. Além disso, realizamos comparações espaciais dos seguintes parâmetros ecológicos: riqueza de espécies, diversidade de Shannon, diversidade de Simpson, dominância de Simpson e Equitabilidade de Shannon. A análise de similaridade e o cálculo dos parâmetros foram realizados no software PAST® (HAMMER et al., 2001).

Com base nos resultados dos índices foram realizadas análises espaciais comparativas, estas foram separadas em dois blocos analíticos: no primeiro (bloco 1) as comparações foram entre os trechos montante à barragem (A e B) versus jusante à barragem (C e D); no segundo (bloco 2) foram entre todos os pontos amostrados (A, B, C e D).

A análise comparativa empregada foi o teste *Kruskal Wallis* com comparações pareadas entre os pontos para cada variável (parâmetro ecológico). Esta análise foi escolhida devido à maioria dos parâmetros não terem atingido os pressupostos de normalidade necessários para análises paramétricas. Estas análises foram realizadas no software Statistica 7 (STATSOFT, 2005).

3. Resultados e Discussão

Foram coletados 5167 indivíduos distribuídos em seis ordens, 12 famílias, 21 gêneros e 29 espécies. As espécies mais abundantes foram *Poecilia reticulata* Peters 1859, com 3782 indivíduos, seguida por *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) e *Phallocheros harpagos* Lucinda 2008, com 301 e 267 indivíduos, respectivamente (Tabela 1). Já as espécies com menores abundância foram *Apareiodon piracicabae* (Eigenmann 1907), *Cyphocharax naegeli* (Steindachner

1881), *Characidium* sp. e *Hisonotus* sp., todos com apenas um indivíduo coletado (Tabela 1).

Com base nos dados obtidos pela matriz de presença e ausência de espécies, a eficiência amostral do rio Uberaba exibiu uma tendência de atingir uma assíntota, confirmando assim a eficiência das coletas realizadas (Figura 2). A aplicação do protocolo de diversidade de habitats, o ponto “A” atingiu pontuações que o caracterizou como ambiente natural (com 94 pontos), já os pontos “B”, “C” e “D” (com 47, 47 e 55, respectivamente) mantiveram pontuações referentes a ambientes alterados.

Em relação a similaridade de como estão estruturadas as comunidades de cada ponto, o ponto A, assim como no protocolo de diversidade de habitats, foi o mais distinto ficando como grupo externo dos outros pontos (Pontos B, C e D). Destes pontos mais similares (A, B e C), a maior similaridade ficou por conta dos Pontos C e D (Figura 3).

Nas análises comparativas do bloco 1 (montante e jusante à barragem), todos os parâmetros ecológicos apresentaram diferenças significativas com valores muito similares, exceto para o parâmetro Abundância ($p=0,04$), mas também com diferenças significativas (Figura 4). As análises comparativas do bloco 2 (todos os pontos) exibiram diferenças significativas para os parâmetros Riqueza de espécies ($p=0,01$), Dominância ($p=0,01$), Diversidade de Shannon ($p=0,01$) e Diversidade de Simpson ($p=0,01$) (Figura 5). Contudo, quando realizada a análise pareada entre os pontos amostrados, apenas o parâmetro Riqueza de espécies exibiu diferença significativa, sendo somente na relação Ponto B e Ponto D ($p=0,02$) (Tabela 2).

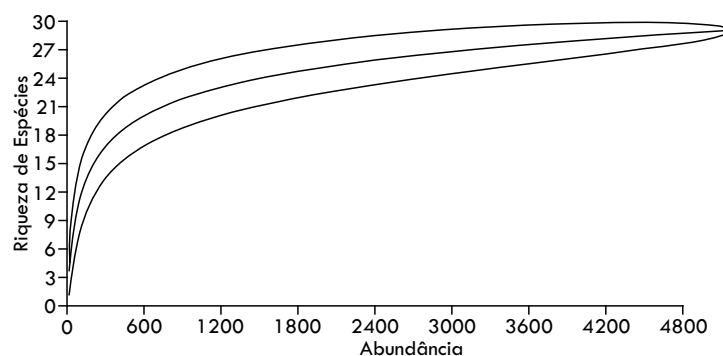


Figura 2. Curva do coletor para as amostragens realizadas no rio Uberaba. Linha mediana representando a média e as linhas externas o desvio padrão. / Figure 2. Collector curve for samples taken in the Uberaba river. Midline representing the mean and outside lines the standard deviation.

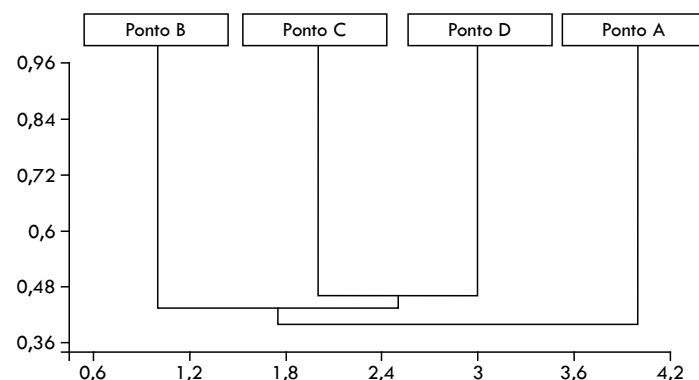


Figura 3. Similaridade Bray-Curtis entre os trechos amostrados no rio Uberaba. Coeficiente de correlação cofenética = 0,588. / Figure 3. Bray-Curtis similarity among the samples sampled in the Uberaba river. Coefphenetic correlation coefficient = 0.588.

Tabela 1. Lista de espécies com classificação sistemática e abundância dos peixes coletados. Espécies não nativas evidenciadas com “*”. / **Table 1.** List of species with systematic classification and abundance of fish collected. Non-native species evidenced by “*”.

| Classificação taxonômica | Ponto A | Ponto B | Ponto C | Ponto D |
|--|------------|------------|-------------|-------------|
| OSTEICHTHYES | | | | |
| CHARACIFORMES | | | | |
| PARODONTIDAE | | | | |
| <i>Apareiodon piracicabae</i> (Eigenmann 1907) | 1 | - | - | - |
| CURIMATIDAE | | | | |
| <i>Cyphocharax naegeli</i> (Steindachner 1881) | 1 | - | - | - |
| * <i>Steindachnerina brevipinna</i> (Eigenmann & Eigenmann 1889) | 8 | - | - | - |
| <i>Steindachnerina insculpta</i> (Fernández-Yépez 1948) | - | 3 | - | - |
| CRENUCHIDAE | | | | |
| <i>Characidium</i> sp. | 1 | - | - | - |
| CHARACIDAE | | | | |
| <i>Astyanax lacustris</i> (Lütken 1875) | 13 | 55 | - | - |
| <i>Astyanax bockmanni</i> Vari & Castro 2007 | 32 | - | - | - |
| <i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier 1819) | 5 | - | - | - |
| <i>Astyanax</i> aff. <i>paranae</i> Eigenmann 1914 | 53 | - | - | - |
| <i>Bryconamericus</i> sp. | 62 | 4 | - | - |
| <i>Oligosarcus pinto</i> Amaral Campos 1945 | - | 41 | 38 | - |
| <i>Piabarchus stramineus</i> (Eigenmann 1908) | 109 | 30 | - | - |
| ERYTHRINIDAE | | | | |
| <i>Hoplias</i> aff. <i>malabaricus</i> (Bloch 1794) | - | 2 | - | 1 |
| SILURIFORMES | | | | |
| CALlichthyidae | | | | |
| <i>Aspidoras fuscoguttatus</i> Nijssen & Isbrücker 1976 | 5 | - | 1 | - |
| LORICARIIDAE | | | | |
| Hypoptopomatinae | | | | |
| <i>Hisonotus</i> sp. | - | - | 1 | - |
| Loricariinae | | | | |
| <i>Rineloricaria pentamaculata</i> Langeani & de Araujo 1994 | 30 | - | - | - |
| Hypostominae | | | | |
| <i>Hypostomus</i> cf. <i>ancistroides</i> (Ihering 1911) | 140 | 19 | 13 | 1 |
| <i>Hypostomus</i> sp. 1 | 12 | - | - | - |
| <i>Hypostomus</i> sp. 2 | 26 | - | - | - |
| <i>Hypostomus</i> sp. 3 | 41 | - | - | - |
| <i>Hypostomus</i> sp. 4 | 17 | - | - | - |
| HEPTAPTERIDAE | | | | |
| <i>Rhamdia</i> aff. <i>quelen</i> (Quoy & Gaimard 1824) | 1 | - | 1 | - |
| GYMNOTIFORMES | | | | |
| GYMNOTIDAE | | | | |
| * <i>Gymnotus inaequilabiatus</i> (Valenciennes 1839) | 5 | 3 | 2 | - |
| CYPRINODONTIFORMES | | | | |
| POECILIIDAE | | | | |
| <i>Phalloceros harpagos</i> Lucinda 2008 | 6 | 259 | 2 | - |
| * <i>Poecilia reticulata</i> Peters 1859 | 0 | 18 | 2578 | 1186 |
| PERCIFORMES | | | | |
| CICHLIDAE | | | | |
| <i>Cichlasoma paranaense</i> Kullander 1983 | 1 | 10 | - | - |
| <i>Geophagus brasiliensis</i> Quoy & Gaimard 1824 | - | 27 | - | - |
| * <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus 1758) | - | - | 9 | 292 |
| SYNBRANCHIFORMES | | | | |
| SYNBRANCHIDAE | | | | |
| <i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch 1795 | - | 2 | - | - |
| Total | 569 | 473 | 2645 | 1480 |

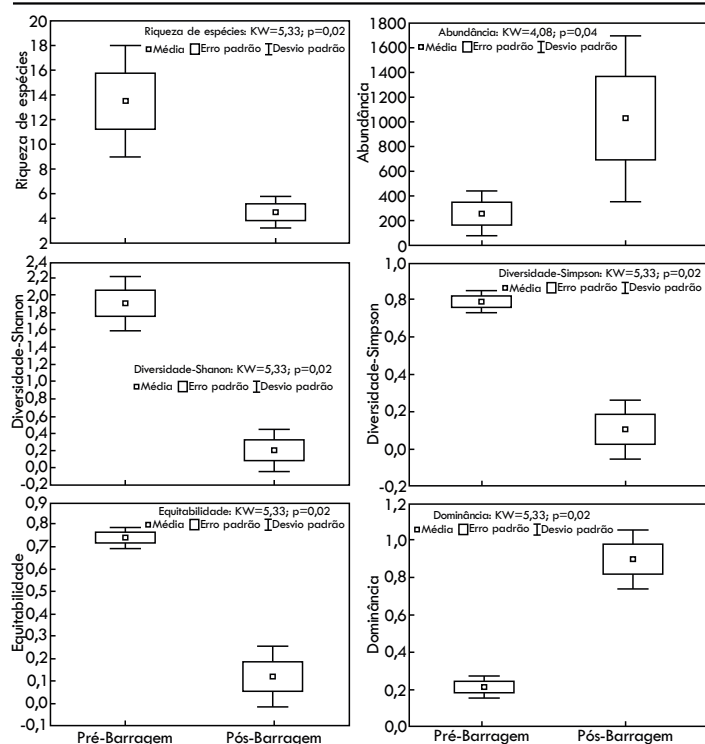


Figura 4. Análise espacial comparativa de Kruskal-Wallis entre os trechos à montante e à jusante da barragem (bloco 1). / **Figure 4.** Comparative spatial analysis of Kruskal-Wallis between the upstream and downstream sections of the dam (block 1).

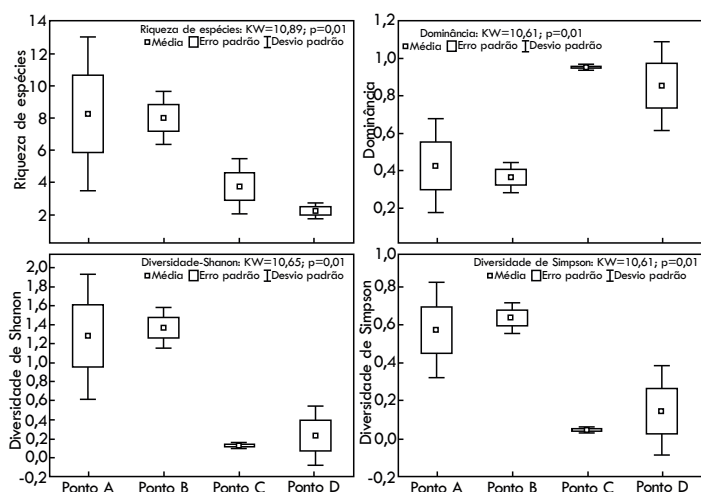


Figura 5. Análise espacial comparativa de Kruskal Wallis entre todos os pontos amostrados (bloco 2). / **Figure 5.** Comparative spatial analysis of Kruskal Wallis among all the points sampled (block 2).

Tabela 2. Análise espacial comparativa par a par para riqueza de espécies. Em negrito valores significativos. / **Table 2.** Peer-to-peer comparative spatial analysis for species richness. Bold significant values.

| | Ponto A | Ponto B | Ponto C | Ponto D |
|---------|---------|----------|----------|-----------------|
| Ponto A | - | 1,000000 | 0,713294 | 0,077133 |
| Ponto B | - | - | 0,349623 | 0,028642 |
| Ponto C | - | - | - | 1,000000 |

As diferenças significativas para todos os parâmetros no bloco 1 e para quatro parâmetros importantes no bloco 2 evidenciam fortes impactos negativos, estes causados pela mudança do gradiente fluvial que alterou drasticamente a estrutura das comunidades submetidas e a este regime. Este fato encontrado em nossos dados corrobora com as ideias de Agostinho et al. (1992) de que as mudanças nas características longitudinais em ambientes lóticos represados, como alterações físicas e químicas, podem influenciar a biota local, acarretando na diminuição ou eliminação de espécies que não se adequem a esta nova realidade instalada.

Além disso, estes mesmo autores sugerem que estas mudanças podem facilitar a colonização de espécies exóticas. Questão que é amplamente abordada por vários autores (LUIZ et al., 2005; CUNICO et al., 2009; SOUZA et al., 2013; SOUZA et al., 2015) e claramente observada nos ambientes mais impactados, como os pontos C e D, com presença intensa das espécies exóticas *Poecilia reticulata* Peters 1859 e *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) (GRAÇA; PAVANELLI, 2007; LANGEANI et al., 2007), as quais não ocorrem no Ponto A (caracterizado aqui como ambiente natural). Neste contexto se destaca *P. reticulata*, que é apontado como espécie bioindicadora de ambientes impactados, apresentando maior capacidade de se adaptação e competição (BOOK; MACHADO NETO, 2005; CUNICO et al., 2009; REZNICK et al., 2011; SOUZA; TOZZO, 2013).

A presença ou a introdução de espécies exóticas podem gerar varios impactos na comunidade nativa, sendo os principais: competição por recursos, predação de espécies nativas, vetor de novas doenças e a facilitação de colonização ou aumento exacerbado de abundância e dominância de algumas espécies (nativas ou exóticas) oportunistas. Estas interações se dão devido as características adaptativas que algumas espécies podem apresentar, como alta taxa de reprodução, estratégias de forrageio e outras plasticidade fenotípicas que influenciam este novo organismo no ambiente (REZNICK; GHALAMBOR, 2001; LEE 2002; LAMBRINOS 2004).

A presença de espécies diferentes de Ciclêdeos nos ambientes montante e jusante à barragem, também evidencia a influência da barragem na distribuição das espécies, principalmente na relação nativas e exóticas. Nos ambientes à montante da barragem ocorrem espécies que são nativas, como *Cichlasoma paranaense* Kullander 1983 e *Geophagus brasiliensis* Quoy & Gaimard 1824 (GRAÇA; PAVANELLI, 2007; LANGEANI et al., 2007), e nos ambientes jusante à barragem a espécie exótica *O. niloticus* (Tabela 1). Elton (1958) comenta que em ambientes com maior riqueza e diversidade de espécies são mais resistentes a invasões e colonização de espécies exóticas. Esta característica é observada nos ambientes à montante da barragem, valores mais positivos para estes parâmetros ecológicos, no qual estas espécies exóticas não estão presentes ou em baixa abundância.

Em relação a similaridade das estruturas de cada ponto, é possível observar claramente uma mudança gradual na dimensão longitudinal, sendo esta no sentido cabeceira-foz. Esta dissimilaridade é discutida em uma amplitude maior por Vannote et al (1980), contudo em nosso caso não se aplica devido o rio não apresentar mais como um sistema lótico e sim um sistema híbrido, como proposto por Ward e Stanford (1983). Esta questão fica clara quando observados a caracterização do ambiente, no qual o Ponto A é o único que se mantém as características propostas por Vannote et al. (1980).

As dissimilaridades entre os pontos A (lótico) e B (lêntico) se dá devido a diferença de fluxo, também expressa pela abundância de espécies com atributos distintos, como no ponto A com a presença de espécies com o corpo mais deprimidos de corredeiras (eg. espécies de *Hypostomus*) e ausência de peixes mais arredondados (eg. espécies de *Cichlêdeos*), devido ao fluxo rápido da coluna d'água (OLIVEIRA et al, 2010).

Na relação diversidade de espécies versus qualidade ambiental, é possível notar que este parâmetro exibiu valores maiores no ponto B, em relação ao ponto A. Esta tendência se torna intrigante, tendo em vista que vários trabalhos apontam resultados inversos (LUIZ et al., 2005; CUNICO et al., 2009; SOUZA et al., 2013; SOUZA et al., 2015), ou seja diversidade maior em ambientes qualitativamente melhores. Contudo, os dados dispostos aqui não apresentaram valores significativos na análise pareada entre estes pontos, assim consideramos que os resultados desta relação se devem a outras variáveis e não só a qualidade ambiental proposta pelo protocolo de Callisto et al. (2002).

O rio Uberaba em sua composição apresentou um padrão comumente notável em rios da região neotropical, com predominância das ordens Characiformes e Siluriformes (LOWE-MCCONNELL, 1999; CASTRO et al., 2005; CUNICO et al., 2009; PAGOTTO et al., 2012; SOUZA; KLEPKA, 2012), assim como na bacia do rio grande (CASTRO; CASATTI, 1997; CASTRO et al., 2004). Da mesma maneira, estes últimos autores citados também relataram uma grande abundância de espécies *Astyanax* e *Phalloceros*, apresentando uma baixa abundância e até ausência das espécies *P. reticulata* e *O. niloticus*, abundantes em alguns trechos no rio Uberaba.

Este fato pode ser atribuído pela presença de uma maior riqueza em relação a Castro et al. (2004) que apresenta uma riqueza de 64 espécies. No entanto, o fato não acontece em Castro e Casatti (1997), que apresenta uma menor riqueza com 19 espécies, mas com grande abundância de *Phalloceros caudimaculatus* (Hensel 1868) (taxonomicamente válido para região como *P. harpagos*). Esta circunstância reflete o poder de adaptação de Poecilídeos e ainda coloca em discussão se a ausência de *P. reticulata* é dada pelo não acesso desta espécie a área ou a eliminação desta por *P. harpagos*.

4. Conclusão

Em síntese, podemos assumir que nossas hipóteses foram parcialmente corroboradas, pois em nossos dados fica evidente que a estrutura das comunidades é profundamente alterada em ambientes à jusante da barragem. Da mesma forma, é possível constatar que há alteração estrutural na relação entre os trechos mais próximos da barragem e os mais distantes (porém, esta relação não foi significativa para os pontos "A" e "B"). Além disso, foi possível constatar que os impactos ambientais e antrópicos são comuns nestes trechos, gerando, além de diferenças estruturais entre os trechos, a substituição de espécies nativas por exóticas com características filogenéticas (LUCINDA; REIS; 2005; HRBEK et al.; 2007; ŘÍČAN et al.; 2016) e funcionais similares (*P. harpagos*, *G. brasiliensis* e *C. paranaense* por *P. reticulata* e *O. niloticus*).

Além disso, é necessário que ações mitigatórias e de fiscalização sejam amplificadas nestes trechos, já que a recomposição da característica fluvial não é mais possível. Estas ações devem incluir reconstituição da mata ciliar em vários pontos, fiscalização nas atividades de pastoreio próximas das margens, de despejo de resíduos (domésticos e industriais) na calha do rio e do modo de utilização por empresas e proprietários rurais. Estas atuações devem estar contidas nos planos de manejo e gestão dos órgãos

governamentais da região (prefeitura, secretaria de meio ambientes, comitê de bacias hidrográficas, dentre outras) e órgãos privados que se utilizam ou estão instalados próximos ao rio. Desta maneira, é possível no mínimo reduzir os impactos, mas não retornar as condições ideais a naturais deste ambiente modificado, podendo proporcionar uma melhor estruturação das comunidades aquáticas ali existentes.

5. Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo provimento de bolsas a Souza F, Leitão MLC e Rocha BGA. Aos graduandos Keviní, Michael, Pedro Peixoto e Janaína pelo auxílio nas coletas e triagem do material, e à Sueli pelo auxílio com os materiais de laboratório. Ao laboratório de Ecologia e Evolução pelo uso de sua estrutura. Souza F agradece ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA).

6. Referências Bibliográficas

- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. EDUEM: Maringá. 2007. 501 p.
- AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR., H. F.; BORGHETTI, J. R. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu. **Revista Unimar**, v. 14, p.89-107, 1992.
- AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 70-78, 2005.
- ANGERMEIER, P. L.; KARR, J. R. Relationships between woody debris and fish habitat in a small warm water stream. **Transactions of the American Fisheries society**, v. 113, n. 6. p. 716-726, 1984.
- BOOCK, M. V.; MACHADO NETO, J. G. Estudo sobre toxicidade aguda de oxidoreto de cobre para o peixe *Poecilia reticulata*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 33, p. 29-35, 2005.
- CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRICIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MGRJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.
- CASTRO, R.M.C.; CASATTI, L. The fish fauna from a small Forest stream of the Upper Paraná River Basin, southeastern Brazil. **Ichthyological exploration Freshwaters**, v. 7, n. 4, p. 337-352, 1997.
- CASTRO, R. M. C.; CASATTI, L.; SANTOS, H. F.; VARI, R. P.; MELO, A. L. A.; MARTINS, L. S. F.; ABREU, T. X.; BENINE, R. C.; GIBRAN, F. Z.; RIBEIRO, A. C.; BOCKMANN, F. A.; CARVALHO, M.; PELIÇÃO, G. Z. P.; FERREIRA, K. M.; STOPIGLIA, R.; AKAMA, A. Structure and composition of the stream ichthyofauna of four tributary Rivers of the Upper Rio Paraná Basin, Brazil. **Ichthyological exploration Freshwaters**, v. 16, n. 3, p. 193-214, 2005.
- CASTRO, R. M. C.; CASATTI, L.; SANTOS, H. F.; MELO, A. L. A.; MARTINS, L. S. F.; FERREIRA, K. M.; GIBRAN, F. Z.; BENINE, R. C.; CARVALHO, M.; RIBEIRO, A. C.; ABREU, T. X.; BOCKMANN, F. A.; PELIÇÃO, G. Z.; STOPIGLIA, R. LANGEANI, F. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do rio grande no estado de São Paulo, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 4, n. 1, 2004.
- CRUZ, L. B. S. **Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG**. 2003. 180 f.p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- CUCHEROUSSET, J.; OLDEN, J.D. Ecological impacts of nonnative freshwater fishes. **Fisheries**, v. 36, p. 215-230, 2011.
- CUNICO, A. M.; GRAÇA, W. J.; AGOSTINHO, A. A.; DOMINGUES, W. M.; LATINI, J. D. Fish, Maringá Urban Streams, Pirapó River drainage, Upper Paraná River Basin, Paraná State, Brazil. **Check List**, v. 5, n. 2, p.273-280, 2009.

- EKLÖV, A.G.; L.A. GREENBERG; C. BRÖNMARK; P. LARSSON; BERGLUND, O. Response of stream fish to improved water quality: a comparison between the 1960s and 1990s. **Freshwater Biology**, v. 40, p. 771-782, 1998.
- ELTON, C.S. **The Ecology of Invasions by Animals and Plants**. London: Methuen, 1958.
- ESCHMEYER, W. N.; FONG, J. D. 2016. SPECIES BY FAMILY/SUBFAMILY. Disponível em: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>. (Acessada em 30/06/2016).
- FAUSCH, K. D.; LYONS, J.; KARR, J. R.; ANGERMEIER, P. L. Fish communities as indicators of environmental degradation. **American fisheries society symposium**, v. 8, p. 123-144, 1990.
- GATZ, A. J. Community organization in fishes as indicated by morphological features. **Ecology**, v. 60, n. 4, p. 711-718, 1979.
- GORMAN, O. T.; KARR, J. R. Habitat structure and stream fish communities. **Ecology**, v. 59, n. 3, p. 507-515, 1978.
- GRAÇA, W. J.; PAVANELLI, C. S. **Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes**. Maringá: EDUEM, 2007. 241 p.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.
- HRBEK, T.; SECKINGER, J.; MEYER, A. A phylogenetic and biogeographic perspective on the evolution of poeciliid fishes. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 43, p. 986-998, 2007.
- LAMBRINOS, J.G. How interactions between ecology and evolution influence contemporary invasion dynamics. **Ecology**, v.85, p.2061-2070, 2004.
- LANGENI, F.; CASTRO, R. M. C.; OYAKAWA, O. T.; SHIBATA, O. A.; PAVANELLI, C. S.; CASATTI, L. Ichthyofauna diversity of the upper rio Paraná: present composition and future perspectives. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, p. 181-197, 2007.
- LEE, C.E. Evolutionary genetics of invasive species. **Trends in Ecology & Evolution**, v.17, p.386-391, 2002.
- LÉVÊQUE, C.; OBERDORFF, T.; PAUGY, D.; STIASSNY, M.L.J.; TEDESCO, P.A. Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 545-567, 2008.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. São Paulo: EDUSP, 1999. 534 p.
- LUCINDA, P.H.F.; REIS, R.E. Systematics of the subfamily Poeciliinae Bonaparte (Cyprinodontiformes: Poeciliidae), with an emphasis on the tribe Cnesterodontini Hubbs. **Neotropical Ichthyology**, v. 3, n. 1, p. 1-60, 2005.
- LUIZ, E. A.; PETRY, A. C.; PAVANELLI, C. S.; JÚNIOR, J.; HORACIO FERREIRA, L.; DIRÇO, J.; DOMINGUES, V. M. **As assembleias de peixes de reservatórios hidrelétricos do estado do Paraná e bacias limítrofes**. In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Ed.). **Biocenoses em reservatórios padrões espaciais e temporais**. São Carlos: Ed RiMa, 2005. p. 107-113.
- LYONS, J.; NAVARRO-PÉREZ, S.; COCHRAN, P.; SANTANA, E.; GUZMÁN-ARROYO, M. Index of Biotic Integrity Based on Fish Assemblages for the Conservation of Streams and Rivers in West-Central Mexico. **Conservation Biology**, v.9, n. 3, p. 569-584, 1995.
- MIRANDE, J. M. Phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes): from characters to taxonomy. **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 3, p. 385-568, 2010.
- NELSON, J. S. **Fishes of the World**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006. 601 p.
- OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E.; BREDA, L.; MINTE-VERA, C. V. ; PAIVA, L. R. S.; VISMARA, M. R. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. **Neotropical Ichthyology**, v.8, n.3, p.569-586, 2010.
- ONORATO, D. P.; ANGUS, P. A.; MARION, K. R. Comparison of a small-mesh seine and a backpack electroshocker for evaluating fish populations in a north-central Alabama stream. **North American Journal of Fisheries Management**, v.18, p.361-373, 1998.
- PAGOTTO, J. P.; VERÍSSIMO, S.; GOULART, E.; MISE, F. T. Fishes (Osteichthyes: Actinopterygii) from the Pirapó river drainage, upper Paraná River basin, Paraná state, Brazil. **Check List**, v.8, n.3, p.463-468, 2012.
- PELICICE, F.M.; POMPEU, P.S.; AGOSTINHO, A.A. Large reservoirs as ecological barriers to downstream movements of Neotropical migratory fish. **Fish and Fisheries**, v. 16, n. 4, 2014.
- PEREIRA, S. B. **Evaporação no lago de Sobradinho e disponibilidade hídrica no rio São Francisco**. 2004. 105 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.
- POUGH, F. H.; HEISER, J. B.; MCFARLAND, W. N. **A vida dos vertebrados**. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. 984p.
- REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JUNIOR, C. J. **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre: EDPUCLRS, 2003. 742 p.
- REIS, R.E. Conserving the freshwater fishes of South America. **International Zoo Yearbook**, v. 47, p. 65-70, 2013.
- REIS, R.E.; ALBERT, J.S.; DI DARIO, F.; MINCARONE, M.M.; PETRY, P.; ROCHA, L.A. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**, 2016.
- REZNICK, D.N.; GHALAMBOR, C.K. The population ecology of contemporary adaptations: what empirical studies reveal about the conditions that promote adaptive evolution. **Genetica**, v.112, p.183-198, 2001.
- REZNICK, D. N.; BASSAR, R. D.; TRAVIS, J.; RODD, H. Life history evolution in guppies VIII: the demographics of density regulation in guppies (*Poecilia reticulata*). **Evolution**, New York, v. 66, n. 9, p. 2903-2915, 2011.
- ŘÍČAN, O.; PIÁLEK, L.; DRAGOVÁ, K.; NOVÁK, J. Diversity and evolution of the Middle American cichlid fishes (Teleostei: Cichlidae) with revised classification. **Vertebrate Zoology**, v. 66, n. 1, p. 1-102, 2016.
- SCHLOSSER, I. J. Trophic structure, reproductive success, and growth rate of fishes in a natural and modified headwater stream. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 39, n. 7, p. 968-978, 1982.
- SOUZA, F.; ABREU, J. A. S.; SILVA, C. E.; GOUVEIA, A. A. Relação entre parâmetros ecológicos e qualidade ambiental em três córregos na bacia do alto rio Paraná. **Biotemas**, v. 26, n. 4, p. 101-110, 2013.
- SOUZA, F.; KLEPKA, V. A importância da hidrografia sobre a biogeografia aquática regional: um caso dos afluentes da bacia do rio Paraná. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.2, n.1, p.68-90, 2012.
- SOUZA, F.; OLIVEIRA, E. F.; PAGOTTO, J. P. A.; SILVA, C. E. Estrutura ictiofaunística na zona litorânea de um lago urbano na bacia do rio Ivaí. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.8, n.1, p.95-110, 2015.
- SOUZA, F.; TOZZO, R. A. *Poecilia reticulata* Peters 1859 (Cyprinodontiformes, Poeciliidae) como possível bioindicador de ambientes degradados. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 3, n. 2, p. 163-175, 2013.
- STATSOFT. **Statistica (data analysis software system)**. Version 7.1. 2005.
- STEAUX, J. C.; SOUZA-FILHO, E. E.; JABUR, I. C. A **história quaternária do rio Paraná em seu alto curso**. In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Eds.). **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM, 1997. p. 47-72.
- TUNDISI, J.G. **Limnologia no século XXI: perspectivas e desafios**. Instituto Internacional de Limnologia, São Carlos, SP, 24 p., 1999.
- VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.37, n.1, p.130-137, 1980.
- VARI, R. P.; MALABARBA, L. R. **Neotropical ichthyology: an overview**. In: MALABARBA, L. R.; REIS, R. E.; VARI, R. P.; LUCENA, Z. M. S.; LUCENA, C. A. S. (Eds.). **Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes**. Porto Alegre: Edipucrs, 1998. p.1-12.
- WARD, J. V.; STANFORD, J. A. **The serial discontinuity concept of lotic ecosystems**. In FONTAINE III, T. D. I.; BARTELL, S. M. (Eds) **Dynamics of lotic ecosystems**. Michigan: Ann Arbor Science, 1983. p. 29-42.